

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-06-00464.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меллер, Д. Интегрированные решения для модернизации городской инфраструктуры // Сименс. – 2013.
2. Журавская, М. А., Лемперт, А. А., Маслов, А. М., Гашкова, Л. В. Функционирование транспортно-логистических систем с учетом оценки экологических последствий // Инновационный транспорт. – Екатеринбург, 2015. – № 4 (18). – С. 31–37
3. Казаков, А. Л., Журавская, М. А., Лемперт, А. А. Вопросы сегментации логистических платформ в условиях становления региональной логистики // Транспорт Урала. – 2010. – № 4. – С. 17–20.
4. Петров, М. Б., Тарасян, В. С., Журавская, М. А. Моделирование оптимальной сети железных дорог с учетом развития транспортно-логистической системы региона // Экономика региона. – Екатеринбург, 2013. – № 4. – С.181–189.
5. Zhuravskaya, M. A., Tarasyan, V. S. Forming of the regional core transport network taking into account the allocation of alternative energy sources based on artificial intelligence methods // Transport Problems. – 2014. – Т. 9. – № 4. – P. 121–131.

М. Г. Иванов, А. В. Нечаев, О. И. Остроухова, Д. М. Иванов,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ВЛИЯНИЕ ПОЛИФТОРИРОВАННЫХ АМИНОВ НА КОРРОЗИЮ МЕДИ В АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

The natural method and method of removal of anode polarizing curves studies influence fluorine of containing inhibitors on copper corrosion in atmospheric conditions.

При введении в растворы электролитов, содержащих добавки азотсодержащих гетероциклических соединений ряда триазола, поверхностно-

неактивного деполяризатора ионов $[\text{Cu}^+]$ и $[\text{Cu}^{2+}]$, наблюдается вхождение катиона металла в адсорбционный слой органического вещества вследствие химического взаимодействия ионов с адсорбатом. Тормозящее действие производных ряда триазола обуславливается адсорбцией и образованием с ними нерастворимого комплекса меди.

Одним из наиболее эффективных ингибиторов коррозии меди в различных средах является бензотриазол (БТА). В отличие от других ингибиторов бензотриазол мгновенно пассивирует медь, образуя нерастворимый в воде и органических растворителях устойчивый пассивный слой. Причем защитный эффект приобретает прямым погружением меди в раствор бензотриазола в воде или другом органическом растворителе, а толщина полимерной пленки (по разным оценкам) колеблется от 1400 нм до 100 нм. Однако использование бензотриазола или его производных в составе ингибирующей композиции ввиду его токсичности может служить источником загрязнения как атмосферы в цехе медной катанки, так и окружающей среды. С целью создания экологически безопасных консервационных материалов в работе изучено анодное поведение меди с нанесенным на ее поверхность покрытием, содержащим в своем составе полифторированные амины (ПФА): $\text{HCF}_2\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$ и $\text{HCF}_2\text{-[CF}_2\text{-CF}_2\text{]}_4\text{-CF}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$, которые были синтезированы на кафедре технологии органического синтеза УрФУ.

Для ускоренной оценки защитного действия ингибирующих композиций и оптимизации состава консервационного покрытия использовался метод снятия поляризационных кривых на неподвижном медном электроде.

Поляризационные кривые снимались на потенциостате-гальваностате IPC-PRO в потенциодинамическом режиме (при линейной развертке потенциала и автоматической регистрации поляризующего тока) в трехэлектродной стеклянной ячейке с разделенным анодным и катодным пространствами при температуре 25 °С. Температурный режим обеспечивался с помощью ультратермостата, поддерживающего температуру в пределах $\pm 0,2$ °С.

Электродом сравнения служил водный насыщенный хлорсеребряный электрод. Вспомогательным электродом служила листовая платина.

В качестве объектов исследования использовалась медь марки М00к (99,99 % чистоты), идущая на изготовление медной катанки. Для снятия поляризационных кривых использовались цилиндрические стержни из медной катанки диаметром 8 мм, рабочей длиной 16 мм с суммарной рабочей площадью 4 см², которые армировались изолирующими фторопластовыми втулками. Основные исследования проведены в интервале поляризаций от -0,4 до +0,1 В по хлорсеребряному электроду сравнения (ХСЭ) или от -0,2 до +0,3 В по нормальному водородному электроду (НВЭ) при скорости задания потенциала 2 мВ/с. Защитные составы ингибирующих композиций наносились на обезжиренную ацетоном рабочую поверхность медных электродов путем окунания их в растворы ингибирующих композиций в течение 15–20 секунд.

Коррозионные испытания проводились на чистых и ингибированных образцах из медной катанки длиной 150 мм и диаметром 8 мм в герметичном эксикаторе при постоянной влажности воздуха и ежедневном опрыскивании из пульверизатора ингибированных медных образцов 0,5 М раствором NaCl.

Исследования показали, что в отсутствии на поверхности металла ингибирующих пленок анодные поляризационные кривые для меди имеют вид, характерный для активно растворяющегося металла с последующей пассивацией. Анализ поляризационных кривых (рис. 1) показывает, что на чистой меди максимальный ток анодного растворения меди достигает 300–320 А/м². Причем на анодном участке поляризационной кривой при потенциалах около 0,18–0,19 В медный электрод начинает переходить в пассивное состояние.

Затем снимались поляризационные кривые с использованием в качестве ингибитора коррозии меди полифторированные амины (ПФА). Поляризационные кривые для меди в 0,5М растворе хлорида натрия, предварительно обработанной в растворах изопропанола с различным содержанием ингибитора на основе ПФА, представлены на рис. 2.

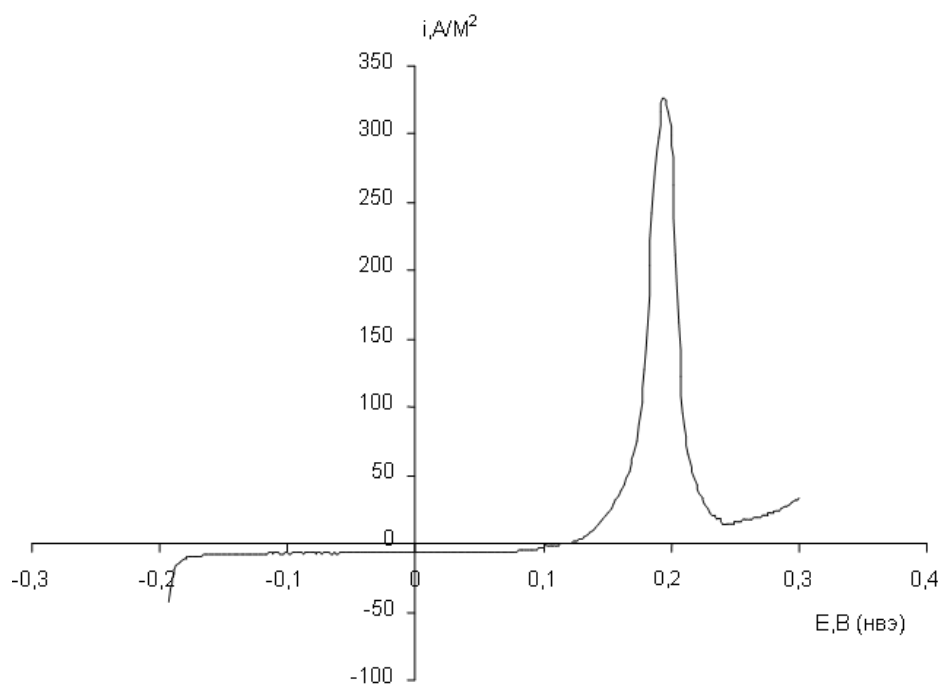


Рис. 1. Поляризационная кривая для меди в 0,5 М растворе NaCl без ингибитора

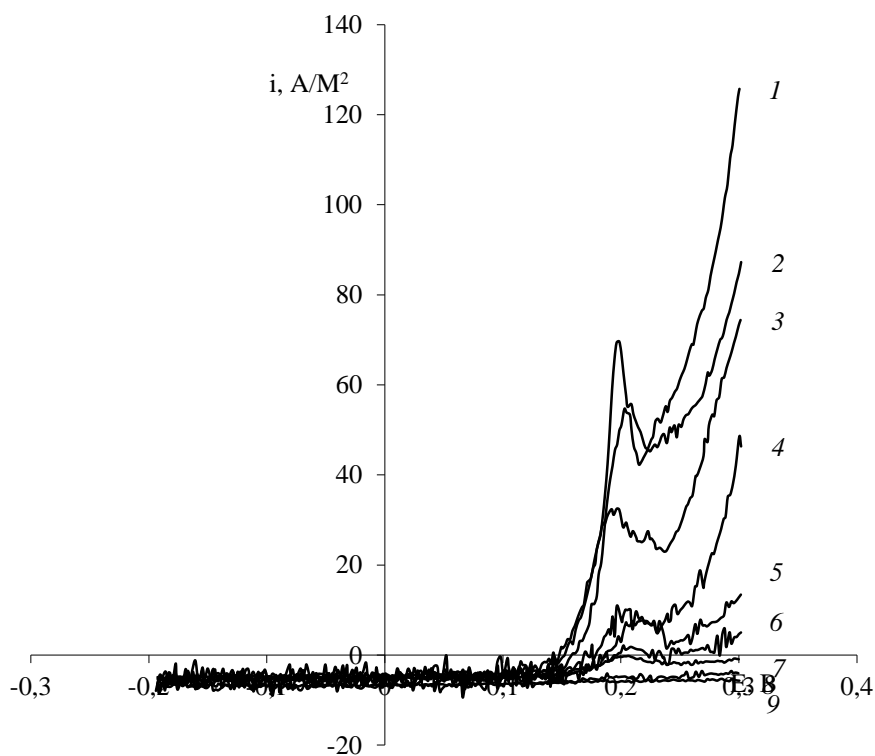


Рис. 2. Поляризационные кривые для меди в 0,5 М растворе NaCl, обработанной ингибитором с различной концентрацией ПФА в изопропанол:

1 – чистый изопропанол; 2 – 0,25 % ПФА; 3 – 0,5 % ПФА; 4 – 0,75 % ПФА;
5 – 1 % ПФА; 6 – 1,25 % ПФА; 7 – 1,5 % ПФА; 8 – 1,66 % ПФА; 9 – 3,32 % ПФА.

Как видно из рис. 2 при нанесении на металлическую поверхность меди защитной пленки из неводных растворов ПФА наблюдается значительное снижение максимума тока на поляризационной кривой, что свидетельствует о замедлении скорости анодного растворения меди и торможении анодной реакции. Из приведенных выше данных следует, что величина предельного тока анодного растворения меди зависит от концентрации ПФА. Причем максимальный ток на поляризационных кривых уменьшается с повышением концентрации ПФА и достигает минимального значения для 3,32 % раствора ингибирующей композиции на основе ПФА.

Однако только характер поляризационных кривых не позволяет однозначно судить о влиянии ингибитора на коррозионную стойкость меди при атмосферных условиях. Поэтому в дополнение к электрохимическим измерениям были проведены и натурные коррозионные испытания образцов медной катанки в закрытых эксикаторах при ежедневном их опрыскивании из пульверизатора 0,5 М раствором хлорида натрия.

Результаты электрохимических измерений согласуются с данными коррозионных испытаний. Очаги коррозии на медных образцах (чистая медь) без ингибирующей композиции и обработанных методом окунания в чистом изопропанолe появлялись в первые же сутки выдержки образцов в эксикаторе.

Коррозионные испытания образцов медной катанки, обработанных в безводном изопропанолe, показали, что стойкость таких образцов при ежедневном опрыскивании их из пульверизатора 0,5 М раствором хлорида натрия составляет не более суток. В то же время на образцах, обработанных в безводном растворе ингибирующей композиции на основе ПФА, коррозионные поражения появляются на 2–4 сутки в зависимости от концентрации ПФА. Из исследованных составов ингибирующих композиций лучшие результаты (до 4 суток) были достигнуты для 3,32 % раствора ингибирующей композиции на основе ПФА.